Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia

Water quality characterization of sites preferred by the West Indian Manatee (*Trichechus manatus*) in the Paredes Wetlands of the middle Magdalena River Basin in Santander state, Colombia

Beatriz H. Mojica-Figueroa, Katherine Arévalo-González, Fabio A. González y James Murillo

Resumen

Este estudio caracterizó la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Thrichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, reconocida como área de gran importancia ecológica para la especie, dentro de la región del Magdalena Medio santandereano (Colombia). A partir de trabajos previos y entrevistas estructuradas se identificaron ocho localidades de las cuales se seleccionaron cuatro: Los Pozos, La Chorola y la quebrada La Gómez (reportes de mayor avistamiento para refugio y alimentación), y Punta del Roblar, importante para actividades reproductivas. La calidad ambiental de estos sitios fue evaluada utilizando el índice fisicoquímico (ICA) y el índice biológico (BMWP/col). Ambos coinciden que el sitio con la peor calidad de agua corresponde a la quebrada La Gómez con valoración aceptable (ICA) y muy crítica (BMWP/col); los sitios restantes se mantienen muy cercanos a esta evaluación. Los resultados del análisis de medidas repetidas ANOVA no mostraron diferencias significativas entre stios, por el contrario de lo encontrado entre temporadas, identificándose con la valoración más baja el último mes del año de muestreo (ICA $\bar{X}$=0,62 ± 0,15). Estos resultados pueden identificar una amenaza para esta población de manatí y es importante complementarlos con estudios en diferentes temporadas climáticas relacionados con las comunidades asociadas a las macrófitas, las cuales ampliarían el conocimiento de las relaciones ecológicas entre un vertebrado herbívoro y los demás niveles tróficos, y así establecer estrategias de manejo que contribuyan a la conservación de la especie a nivel regional.

Palabras clave. *Trichechus manatus manatus.* Conservación. Humedales. Factores fisicoquímicos. Bioindicación. Calidad ambiental.

Abstract

This study characterized water quality at sites of preference of the West Indian manatee (*Thrichechus manatus*) in the Cienaga of Paredes, an area recognized as of great ecological importance for the establishment of the species within the Middle Magdalena of Santander state (Colombia). From previous work and structured interviews eight locations were identified of which four sites were selected: Los Pozos, La Chorola and Quebrada La Gómez for greater sighting reports for shelter and food and the Punta del Roblar site for reproductive activities. The environmental quality of these sites was assessed using the physicochemical index ICA and biological BMWP / col both agree that the site with the worst water quality corresponds to the Quebrada Gomez with acceptable and very critical appraisals, respectively; the other sites were very similar to this assessment. The results of the analysis of repeated measures (ANOVA) showed no significant differences between these, but did find differences between seasons with the lowest value assigned to the last month of the year of sampling (ICA X = 0.62 ± 0.15). Continuous monitoring of the environmental conditions of Manatee habitat is urgent, to allow us to obtain an adequate understanding of the relationship between ecosystem health and animal health, in order to establish management strategies that contribute to the conservation of the species at the regional scale.

Key words. *Trichechus manatus manatus.* Conservation. Wetlands. Physicochemical factors. Bioindication. Environmental quality.

Introducción

El sistema hidrológico del Magdalena Medio santandereano está constituido por los principales afluentes departamentales como son los ríos Carare, Opón, Sogamoso y Lebrija y por las ciénagas de diferentes tipos que se forman a lo largo de la margen derecha del río Magdalena.

La importancia ecológica de las ciénagas radica en que son zonas de amortiguación de los niveles de agua durante los procesos de inundación, reteniendo los sedimentos al maximizar procesos de decantación y depósitos de materiales, purificando el agua proveniente de las cuencas y de los asentamientos humanos adyacentes. Además, estos sistemas son el hábitat de una rica biodiversidad de flora y fauna migratoria y local, de valor económico (Aguilera-Díaz 2011), y representan áreas clave para un número representativo de especies amenazadas y en vías de extinción (MMA 2002, Montoya-Moreno y Aguirre-Ramírez 2008).

El manatí de las Antillas (*Trichechus manatus*) es uno de los mamíferos acuáticos más amenazados, catalogado En Peligro (EN) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Self/Sullivan y Mignucci-Giannoni 2014), y a nivel nacional por la Resolución 192 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es un mamífero herbívoro de gran importancia dentro de los ecosistemas acuáticos. Debido a su gran tamaño debe consumir grandes cantidades de alimento el cual es devuelto al medio como nutrientes, influyendo positivamente en la fertilización y productividad del ecosistema, por lo cual la especie puede servir como indicador biológico del equilibrio del ecosistema (Domning 1992).

Actualmente se emplea el concepto de "especies centinelas" para aquellos organismos que se utilizan para obtener alertas tempranas de las actuales o potenciales tendencias e impactos negativos sobre los animales a nivel individual y de la salud de la población (Bossart 2006). Los mamíferos acuáticos son probablemente uno de los mejores organismos centinela en ambientes acuáticos y costeros porque muchas especies tienen larga esperanza de vida, se alimentan a un alto nivel trófico y tienen extensas reservas de grasa que pueden servir como depósito para toxinas antropogénicas (Reddy *et al.* 2001, Wells *et al.* 2004). Además, los mamíferos marinos forman parte de una megafauna visible y carismática que provoca fuertes emociones humanas y por lo tanto son más las probabilidades de ser observados y considerados (Bossart 1999).

Los manatíes podrían ser estimados centinelas ideales ya que son especies de larga vida, poseen una notable resistencia a la enfermedad natural y a los efectos de una lesión relacionada con los humanos. Estas características podría ser el resultado de un sistema inmune eficiente y sensible en comparación con otros mamíferos marinos (Bonde 2004).

Estudios más completos sobre el estado de conservación de mamíferos acuáticos como el manatí, corresponden a las poblaciones de La Florida, mientras que no existen datos suficientes sobre tamaño, las tasas de natalidad, las causas de mortalidad, distribución poblacional y requerimientos de hábitat para la especie en el resto del mundo (Reynolds y Odell 1991, Wetzel *et al.* 2012). Para Colombia, Trujillo *et al.* (2013) han generado información de distribución, uso de hábitat y abundancia en poblaciones del Caribe, Amazonas y Orinoco, siendo la primera región que presenta estudios de más de veinte años. Hasta hace poco, la mayoría de los estudios de especies de mamíferos marinos apenas incluían condiciones del medio ambiente acuático y la salud animal (Moore 2008).

Los humedales del Magdalena Medio santandereano y específicamente la ciénaga de Paredes, han sido reconocidos como áreas de gran importancia ecológica para el establecimiento de poblaciones de manatí (Montenegro 1995, Castelblanco-Martínez *et al.* 2005, Arévalo-González 2010). Estos ecosistemas han experimentado un enorme deterioro asociado a descargas de aguas servidas, depósitos de basuras, interrupción del flujo del agua, drenaje de pantanos, eutroficación provocada por fertilizantes agrícolas, fragmentación, deterioro y reducción de las masas de bosque aledañas (Aguilera *et al.* 2011).

La finalidad de este estudio fue caracterizar la calidad del agua de la ciénaga de Paredes para conocer las cualidades del medio usado por el manatí, mediante el estudio de cambios espacio- temporales de la comunidad de macroinvertebrados como grupo bioindicador. Estos constituyen resultados importantes para hacer recomendaciones de acciones en programas de manejo y conservación de la especie y de ordenamiento de la cuenca de la región del Magdalena Medio.

Material y métodos

Área de estudio

La ciénaga de Paredes pertenece al valle medio de la cuenca del río Magdalena (García y Dister 1990), y está localizada entre los municipios de Puerto Wilches y Sabana de Torres al noreste del departamento de Santander, aproximadamente a 7º26' de latitud norte y 73º45'de longitud oeste, a una altura de 75 m s.n.m. (Figuras 1 y 2). La ciénaga presenta una profundidad promedio de 4 m en época de aguas altas y aproximadamente 0,9 m en los meses de diciembre a marzo (Castelblanco-Martínez *et al.* 2005). Tiene un área aproximada de 1.431 hectáreas y es considerada como un cuerpo cenagoso de segundo orden (Arias 1985). Su principal canal de abastecimiento es la quebrada La Gómez, la cual muestra un caudal de 34,7 m3.s-1, y se encuentra conectada al río Lebrija por el caño Peruétano (Riviera 2012).

Áreas potenciales de ocupación del manatí

Con el fin de establecer las áreas de presencia y uso de hábitat del manatí dentro de la ciénaga de Paredes se definieron las localidades mediante la validación de la información recopilada y la suministrada por la comunidad en el marco de su conocimiento

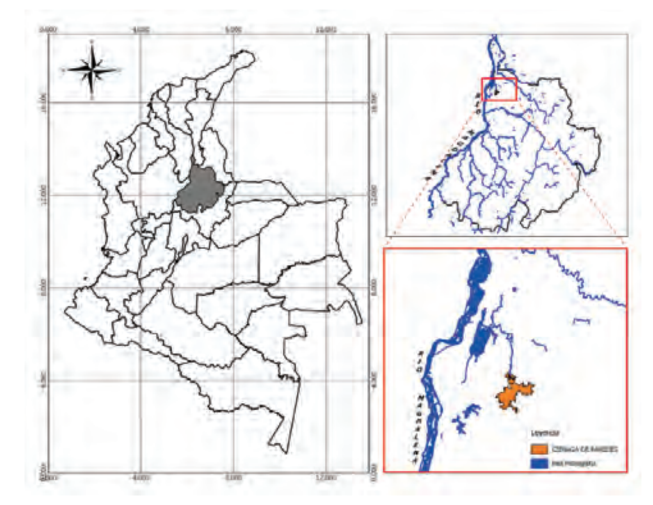


Figura 1. Ubicación de la ciénaga de Paredes (departamento de Santander, Colombia).



Figura 2. Panorámica de la ciénaga de Paredes (departamento de Santander, Colombia).

tradicional, para lo cual se realizaron entrevistas semiestructuradas con el grupo comunitario "Guardianes del Manatí", integrado por pescadores y otros habitantes de las comunidades ribereñas de El Cerrito y Campo Duro, cuya misión es la de trabajar en pro de la conservación de la especie. Para cada sitio reportado se definieron los siguientes atributos:

Localidad: nombre local. **Época:** periodos hidrológicos. Aguas altas, correspondiente a la época de mayor precipitación; aguas bajas o época de menor precipitación, aguas en ascenso y aguas en descenso. **Actividad:** comportamientos registrados del manatí: alimentación, refugio para descanso, reproducción. **Frecuencia:** se estableció un intervalo numérico de 1 a 5 asociado a la posibilidad de presencia de manatíes en cada localidad, de acuerdo con los conocimientos históricos del habitante local y dependiendo de la cantidad y frecuencia de eventos observados. Una vez definidas las localidades se realizó una visita de campo durante los días 25 y 26 de octubre de 2012 para identificar los puntos reconocidos y registrar las coordenadas.

Caracterización de la calidad de agua

Parámetros fisicoquímicos

Estos datos provienen de cuatro muestreos realizados durante el año 2011, febrero (aguas bajas), mayo (aguas altas), septiembre (aguas en ascenso) y diciembre (aguas en descenso), en tres puntos de muestreo seleccionados para este estudio de acuerdo a su coincidencia, por estar dentro de las localidades de preferencia del manatí. Estas son P1, boca del caño Peruétano, en la localidad de Mata de Lata; P2 centro de la ciénaga donde se ubican las localidades Los Pozos, La Chorola y Punta del Roblar; y P3 en la desembocadura de la quebrada La Gómez, correspondiente a las localidades Rincón del Muerto, Los Lavaderos y Poza Santa Helena. Las muestras fueron tomadas según protocolos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam) y analizadas en el laboratorio de calidad de agua.

Se usó el índice de calidad de agua (ICA) como indicador para estimar las cargas contaminantes que ejercen presión sobre los sistemas hídricos superficiales del país, según recomendaciones del Estudio Nacional de Agua (ENA) 2010. El indicador puntual ICA/6, el cual tiene una puntuación con valor numérico de 0 a 1, corresponde en su orden 0-0,25 muy malo; 0,26-0,50 malo; 0,51-0,70 regular; 0,71-0,90 aceptable y 0,91-1 bueno. El cálculo de este índice involucra las variables: pH, temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto, DBO_5, fosfatos, nitratos, sólidos totales y coliformes totales. Para determinar si existen diferencias significativas en la calidad del agua entre sitios y temporadas se aplicó un análisis de medidas repetidas ANOVA usando el paquete Statistical para Windows 7.

Parámetros biológicos

Para determinar la calidad del agua en la ciénaga de Paredes se analizaron cuatro localidades seleccionadas con base en la preferencia permanente de la especie (Los Pozos y La Chorola), por reportes de actividades reproductivas (Punta El Roblar) y gran oferta alimentaria (quebrada La Gómez).

Se utilizó el Biological Monitoring Working Party (BMWP) adaptado para Colombia (Roldán 2003), índice de puntuación de presencia-ausencia a nivel de familia de macroinvertebrados. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles tienen un puntaje de 10 y las más tolerantes de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP, que determina la calidad de agua, dentro de cinco clases: buena >101, correspondiente a aguas muy limpias; aceptable 61-100, aguas ligeramente contaminadas; dudosa 36-60, moderadamente contaminadas; crítica 16-35, muy contaminadas; y muy crítica < 15 fuertemente contaminadas. Además se determinó el proceso bioindicador de cada especie sugerida por Pinilla (2000), generándose un puntaje que corresponde al porcentaje de abundancia de las condiciones de bioindicación que la metodología sugiere para cada uno de los puntos de muestreo.

En cada sitio se realizó la colecta de muestras integradas por tres sub-muestras utilizando una draga tipo Petersen. Los macroinvertebrados bentónicos capturados se conservaron en recipientes con etanol al 70 %. Una vez llevados al laboratorio fueron

clasificados hasta el nivel de familia mediante claves taxonómicas especializadas (Roldán 1988, 1996, 1997, 2003).

Se determinó abundancia de cada especie, por división o clase dependiendo de cada comunidad analizada. Se calcularon los índices de diversidad de Margalef (d), Shannon-Weiner (H´) y Simpson (λ´), de uniformidad de Pielou (J'), y se hizo un análisis de agrupamiento por el método de grupo promedio. Para el desarrollo de los análisis estadísticos se usó el paquete estadístico Primer V5 ® (2001).

Resultados

Áreas potenciales de ocupación del manatí

Partiendo de información previa sobre hábitat, historia natural y conservación de manatí en la ciénaga de Paredes ((Montenegro 1995, Castelblanco-Martínez y Giraldo-Vela 2002, Holguín-Medina y Trujillo 2002, Castelblanco-Martínez 2003, Castelblanco-Martínez *et al.* 2003, Castelblanco-Martínez *et al.* 2005, Arévalo-González *et al.* 2014), junto con las entrevistas a los "Guardianes del Manatí" (n=20), se identificaron ocho localidades de avistamiento de manatíes y/o rastros como comederos y heces en la ciénaga, donde se llevaron a cabo los recorridos (Figura 3). Adicionalmente se obtuvo información de la época hidroclimática donde se han detectado los manatíes y sus comportamientos más recurrentes.

La tabla 1 muestra una breve descripción de las principales características de las ocho localidades identificadas, cinco dentro del área de la ciénaga de Paredes y tres en la quebrada La Gómez; la figura 4 evidencia de comederos y oferta alimentaria que permitieron confirmar la identificación de estas localidades.

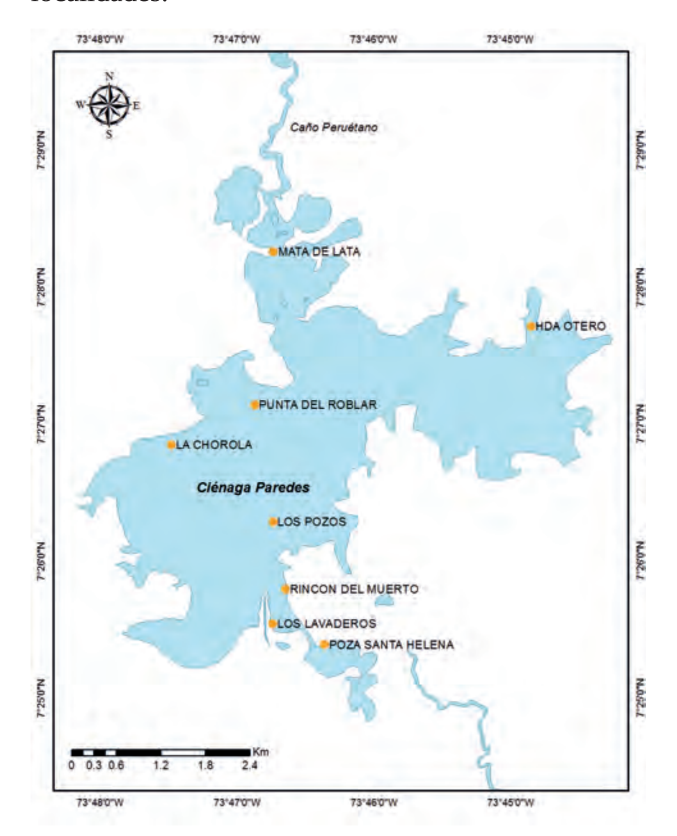


Figura 3. Localidades identificadas de preferencia del manatí dentro de la ciénaga de Paredes y la quebrada La Gómez.

Tabla 1. Características de localidades identificadas como de preferencia del manatí en la ciénaga de Paredes y quebrada La Gómez.

Sector	Localidad	Profundidad en verano	Oferta alimenticia	Época climática	Actividades de riesgo	n avistamientos
Ciénaga de Paredes	Mata de Lata	Baja	Alta	Aguas altas	Alimentación	4
	Hacienda Otero	Media	Media	Aguas altas y bajas	Alimentación	4
	Punta del Roblar	Baja	Baja	Aguas nuevas	Reproducción	3
	La Chorola	Media	Media	Aguas altas y bajas	Alimentación y refugio	4
Quebrada La Gómez	Los Pozos	Alta	Baja	Aguas altas y bajas	Refugio	5
	Rincón del Muerto	Baja	Alta	Aguas altas	Alimentación	2
	Los Lavaderos	Media	Media	Aguas altas y bajas	Alimentación y refugio	1
	Cga. Sta Helena	Baja	Alta	Aguas altas	Alimentación y refugio	3



Figura 4. Comederos (a y b) y lugares de oferta alimentaria (c y d) identificados en las localidades de avistamiento de manatíes en la ciénaga de Paredes.

La zona de mayor frecuencia de avistamientos se observó en la ciénaga de Paredes y en mayor número en la localidad de Los Pozos, donde ocurren actividades de refugio y alimentación durante los diferentes periodos hidrológicos del humedal. Únicamente tres de las ocho localidades presentan presencia permanente del manatí a lo largo del año: Los Pozos, La Chorola y la Poza Santa Helena en la quebrada La Gómez. La localidad Punta del Roblar registra avistamientos únicamente en aguas en ascenso, con actividades de reproducción. En las demás localidades se han reportado avistamiento de animales alimentándose en aguas altas.

Caracterización de la calidad del agua

Parámetros fisicoquímicos

La tabla 2 muestra el valor de los parámetros físicoquímicos por sitio y temporada de muestreo utilizados para la obtención del índice de calidad ambiental ICA. En la figura 5 puede observarse la variación espacio-temporal a lo largo del muestreo. Los resultados de la ANOVA muestran que no existen diferencias significativas entre sitios de muestreo ($p \geq 0{,}01$). Sin embargo sí existen diferencias entre temporadas hidrológicas con un índice de calidad menor durante aguas en descenso en diciembre (ICA $\overline{X} = 0{,}62 \pm 0{,}15$) y el mayor durante aguas en ascenso en septiembre (ICA $\overline{X} = 0{,}84 \pm 0{,}34$).

Parámetros biológicos

Macroinvertebrados bentónicos

Se obtuvo una abundancia total de macroinvertebrados bentónicos de 20.759 ind./m^2, repartida en 32 taxones dentro de cuatro grupos taxonómicos: nemátodos, anélidos, artrópodos y moluscos (Tabla 3).

El sitio de muestreo con mayor número de especies (S) correspondió a la quebrada La Gómez, mientras que la menor riqueza de especies se estuvo en P4 con nueve especies (Tabla 4).

Tabla 2. Parámetros e índice fisicoquímico de calidad de agua ICA de la ciénaga de Paredes. P1 BCP (boca del caño Peruétano), P2 (centro de la ciénaga), P3 (desembocadura quebrada La Gómez).

Punto de muestreo	Temporada	pH	Temperatura (º C)	Turbiedad (UNT)	Oxígeno disuelto (mg/l)	BDO5 (mg/L)	Fosfato (mg PO_4/L)
P1 BCP	23/02/2011 Aguas bajas	6,39	29,7	40	4,9	2,0	0,03
P2 CC		6,77	30,7	21	4,8	2,0	0,03
P3 DQG		6,59	27,2	10	4,5	2,0	0,03
P1 BCP	04/05/2011 Aguas altas	6,9	30,2	4,4	4,3	2,0	0,03
P2 CC		6,95	29,0	3,9	4,7	2,0	0,03
P3 DQG		6,14	32,7	4,4	4,3	2,0	0,03
P1 BCP	13/09/2011 Aguas en ascenso	7,12	33,8	19	4,9	3,0	0,03
P2 CC		7,09	34,9	12	8,0	5,0	0,03
P3 DQG		6,37	31,0	14	6,2	4,0	0,03
P1 BCP	20/12/2011 Aguas en descenso	6,11	30,7	5,3	4,0	2,0	0,03
P2 CC		6,11	31,4	5,2	4,0	2,0	0,03
P3 DQG		6,18	31,6	5,3	4,0	2,0	0,03

Punto de muestreo	Temporada	Nitratos (mg NO_3/L)	Sólidos Totales (mg/l)	Coliformes totales NMP Bacterias/100 ml Totales	ICA/6	VALORACIÓN ICA/6
P1 BCP	23/02/2011 Aguas bajas	0,11	68	4	0,68	Regular
P2 CC		0,100	66	7	0,75	Aceptable
P3 DQG		0,270		11	0,73	Aceptable
P1 BCP	04/05/2011 Aguas altas	0,062	50	1,0	0,79	Aceptable
P2 CC		0,030	50	1,0	0,73	Aceptable
P3 DQG		0,41	50	1,0	0,71	Aceptable
P1 BCP	13/09/2011 Aguas en ascenso	0,91	50	4,100	0,82	Aceptable
P2 CC		0,100	50	200	0,89	Aceptable
P3 DQG		0,170	53	4,040	0,84	Aceptable
P1 BCP	20/12/2011 Aguas en descenso	0,050	50	185	0,64	Regular
P2 CC		0,058	50	99,1	0,61	Regular
P3 DQG		0,073	50	10,1	0,61	Regular

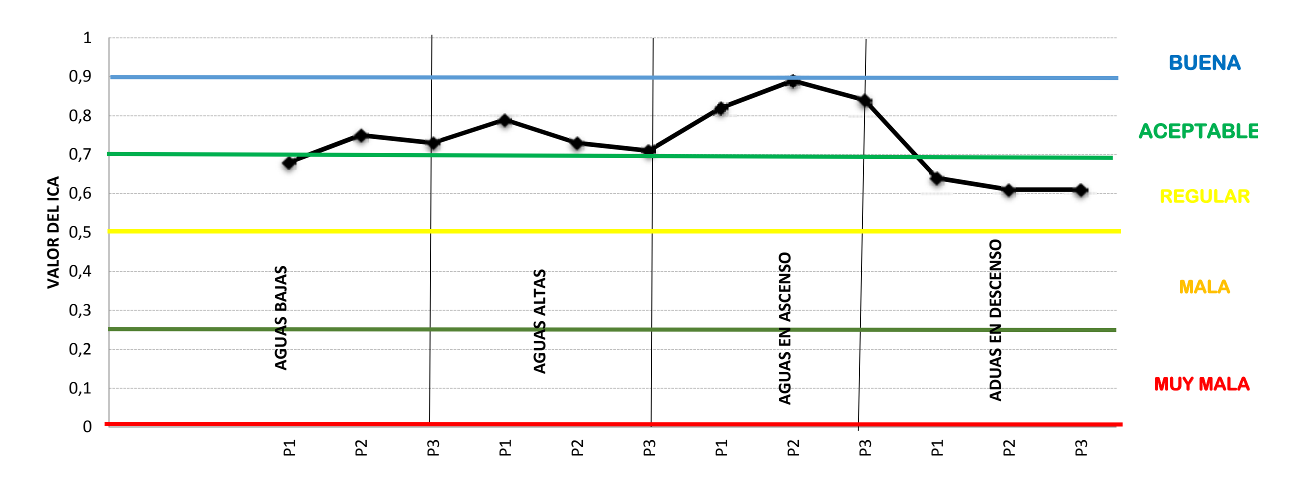


Figura 5. Comportamiento del Índice de calidad del agua ICA/6 en la ciénaga de Paredes en cuatro temporadas climáticas del año 2011. P1 (quebrada La Gómez), P2 (centro de la Ciénaga), P3 (boca del caño Peruétano).

Tabla 3. Abundancia (ind./cm^2) y abundancia relativa (%) del bentos en la ciénaga de Paredes (departamento de Santander, Colombia). N. D. = No determinado.

Reino	Phylum	Clase	Orden	Familia	Número de especies	Quebrada La Gómez P1	Los Pozos P2	Punta de Roblar P3	La Chorola P4	Abundancia total por famailia	Frecuencia de taxa por familia
Animalia	Nenatoda	Adenophorea	Dorylaimida	Dorylaimidae	4	7,655	17	292	17	7,981	8
		N. D.	N. D.	N. D.	4	121		86	17	224	6
	Annelida	Clitellata/Hirundinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1		17		17	34	2
		Clitellata/Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	3	292	1,273	1,600	447	3,612	12
				Tubificidae	3	1,032	396	51	86	1,565	7
	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	1		34			34	1
				Chaoboridae	1	86	1,978	2,116		4,180	3
				Chironomidae	4	2,047	172	69	17	2,305	8
			Ephemeroptera	Polymitarcyidae	1		34	17	17	68	3
			Hemiptera	Corixidae	1			17		17	1
		Maxillopoda	Calanoida	N. D.	5	206	172	155		533	9
			Cyclopoida	N. D.	2	52		34		86	3
			Poecilostomatoida	Ergasilidae	1	103				103	1
		Ostracoda	N. D.	N. D.	1	17				17	1
Abundancia total (ind./m^2)						11,611	4,093	4,437	618	**20,759**	
Total de especies (riqueza)						22	14	20	9		**32**
Puntaje BMWP/co						6	19	38	18		
Valoración BMWP/co						MUY CRÍTICO	CRÍTICO	DUDOSO	CRÍTICO		

Tabla 4. Índices ecológicos de la comunidad bentónica de la ciénaga Paredes. S: número de especies. N: ind./m²; Índices de diversidad d: Margalef, J': Uniformidad de Pielou; H´: Shannon-Weiner, λ´: predominio de Simpson.

Índice	Quebrada La Gómez	Los Pozos	Punta El Roblar	La Chorola
	P1	P2	P3	P4
S	23	13	19	9
N	11.645	4.059	4.403	618
d	2,35	1,444	2,145	1,245
J'	0,623	0,679	0,582	0,747
H'(lig2)	1,954	1,741	1,714	1,642
λ´	0,206	0,28	0,292	0,277

Tabla 5. Condiciones de bioindicación para cada uno de los puntos de muestreo. Se resaltan (sombra) las condiciones más influyente en los sitios muestreados.

Bioindicación por porcentaje de bioindicación	Puntos de muestreo			
	P1	P2	P3	P4
Suma de período de sequía	9	6	3	4
Suma de aguas limpias a medio contaminadas	11	6	6	4
Suma de aguas medianamente contaminadas	9	6	3	4
Suma de aguas contaminadas	9	6	3	4
Suma de hipoxia	**11**	**17**	**17**	**21**
Suma de contaminación con materia orgánica	**24**	**20**	**29**	**30**
Suma de aporte de sedimentos alóctonos	**11**	**15**	**18**	**17**
Suma de sedimentos planctónicos	9	6	3	
Suma de mesotrófia	7	6	12	
Suma de aguas polisapróbicas		3	6	4
Suma de aguas mesosapróbicas		3		4
Suma de aguas de poca turbulencia		3		4
Suma de aguas tranquilas		3		4
Suma de aguas limpias				
Suma de aguas ricas en Ca CO_3				
TOTAL	**100**	**100**	**100**	**100**

Según los valores del índice BMWP/Co se determinaron las clases a las que pertenecen los puntos de muestreo, siento P1 de muy crítica calidad, P2 y P4 crítica y P3 dudosa calidad. Los procesos bioindicadores con mayor incidencia para las especies de macroinvertebrados bentónicos fueron la contaminación por materia orgánica, precedido de procesos de hipoxia y aportes de sedimentos alóctonos.

Discusión

Diversos autores han referenciado como parámetros fundamentales para la preferencia de hábitat del manatí en sistemas de agua dulce la oferta alimentaria y la profundidad de los cuerpos de agua (Axis-Arroyo *et al.* 1998, Castelblanco-Martínez *et al.* 2003, Castelblanco-Martínez *et al.* 2005, Olivera-Gómez y Mellink 2005, Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). De la misma forma en este estudio se pudo comprobar que las áreas donde se reporta mayor frecuencia de manatíes en la ciénaga de Paredes corresponden a orillas con gran oferta alimenticia, principalmente de gramalote (*Paspalum repens*) y buchón (*Eichornia crassipes*), mientras que para aguas bajas resaltan localidades con profundidades mayores. Se destaca la localidad de Los Pozos con una alta frecuencia de avistamientos en verano (Montenegro 1995, Castelblanco-Martínez *et al.* 2003, Arévalo-González *et al.* 2014), pues mantiene mayores volúmenes de agua en relación con el resto de área de la ciénaga, favoreciendo la permanencia de algunos individuos durante el estiaje.

En el sitio de muestreo P1, quebrada La Gómez, se reportó mayor número de especies de macroinvertebrados bentónicos. Esto podría soportarse por la presencia de vegetación ribereña en este sector, en comparación con los demás sitios donde esta se encuentra ausente. Autores como Arcos (2005), proponen la pérdida de biodiversidad entre las principales consecuencias provocadas por la deforestación de los bosques riparios tropicales. Otros como Alonso (2006), explica que la ausencia de la vegetación ribereña empobrece la composición de macroinvertebrados bentónicos. También podría inferirse que el sistema en este sitio posee una red trófica más desarrollada, favorecida por sustratos dominados por hojarasca que brindan una mayor disponibilidad de recursos, por lo que además de presentar una alta riqueza de especies permiten sostener una mayor densidad de organismos (Burdet y Watts 2009).

Se evidencia la presencia de cinco familias muy abundantes: Dorylaimidae (Nematoda), Naididae y Tubificidae (Anelida), Chaoboridae y Chironomidae (Diptera), similar a lo reportado en otros trabajos de ciénagas (Alvarez 2007, 2008). En el bentos (sedimento del fondo de las ciénagas), Martínez (2009) reportó las familias Dorylaimidae, Naididae y Tubificidae como las más abundantes en tres ciénagas del departamento del Cesar (Zapatosa, Mata de Palma y La Pachita).

Dentro de los organismos bentónicos, el grupo más frecuente y abundante correspondió a los nemátodos, los cuales en general indican la presencia de materia orgánica (Martínez 2009). La familia Dorylaimidae en especial, señala condiciones de meso a eutrofia en el cuerpo de agua (Pinilla 2000). Bongers y Ferris, (1999) afirman que los nemátodos se encuentran donde hay materia orgánica, bajo cualquier condición climática y no migran rápidamente cuando se encuentran bajo estrés. Además, numerosas especies sobreviven a la deshidratación y a la disminución de los niveles de oxígeno.

Los índices ICA y BMWP mostraron que el sitio con la peor calidad de agua del sistema corresponde a la quebrada La Gómez, con valoración aceptable y muy crítica respectivamente, los demás sitios se mantienen muy cercanos a esta valoración. Esto se ve reforzado con el análisis de las condiciones de biondicación en cada uno de los sitios evaluados, identificando que la ciénaga de Paredes presenta una contaminación generalizada por materia orgánica, acompañada de procesos de hipoxia y la presencia de sedimentos alóctonos, ocasionada en gran medida por las descargas de aguas procedentes de la quebrada La Gómez la cual tiene gran cantidad de material en suspensión y carga orgánica, además de la exfoliaciones propias de la vegetación de la ribera de la ciénaga y de la quebrada, así como de los restos de agroquímicos que se utilizan para los cultivos de palma circundantes (Figura 6).





Figura 6. Presencia de cultivo de palma africana invadiendo áreas del espejo agua (a) y presencia de gran cantidad de búfalos (b) en la ciénaga de Paredes.

Las variaciones en la calidad de agua en los diferentes sitios muestreados no fueron significativas, pero si entre temporadas, registrándose el menor valor durante el último muestreo correspondiente a diciembre de 2011, pudiéndose explicar esto por el aumento de las descargas contaminante a la quebrada La Gómez denunciadas públicamente en los diferentes medios, que junto con los resultados de bioindicación reportados -correspondientes al mes de marzo de 2012-, evidencian su deterioro.

Los mamíferos acuáticos dependen de ecosistemas saludables para su supervivencia y están adaptados completamente a estos ambientes reflejando su variabilidad y su degradación (Moore 2008). Como herbívoro, el manatí tiene que comer grandes cantidades de vegetación diariamente y esta vegetación absorbe o filtra contaminantes a través del suelo o el agua en el que se desarrollan. Estudios como los de Balager *et al.* (2008) han medido y analizado los niveles de contaminantes orgánicos, mostrando que pueden representar una amenaza para la salud de la especie en su función inmune y reproductiva.

Recientemente también se han descrito en poblaciones de manatí la emergencia de enfermedades que incluyen infecciones virales, bacterianas, por hongos y protozoos; diversas enfermedades neoplásicas; biointoxicationes por floración de algas, síndrome de estrés, las cuales pueden causar la disminución de poblaciones, alterar las proporciones de los depredadores, presas, competidores y recicladores, necesarios para el buen funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Bossart 2007).

En general la comunidad de macroinvertebrados encontrada en la ciénaga de Paredes es característica de ambientes ricos en materia orgánica. Es importante complementar con estudios de diferentes temporadas climáticas relacionados con las comunidades no solo bentónicas sino las asociadas a macrófitas, las cuales ampliarían el conocimiento de las relaciones ecológicas entre un vertebrado herbívoro y los demás niveles tróficos.

Se presume que los resultados obtenidos pueden mostrar que la mala calidad del agua del hábitat del manatí de la ciénaga de Paredes puede representar una amenaza para esta población, lo que hace necesario desarrollar y financiar estudios a largo plazo que combinen observaciones de campo, desempeño reproductivo, utilización del hábitat, exposiciones a diferentes tipos de contaminantes y evaluación de riesgos en la salud, para poder entender la estructura y dinámica no solo de las comunidades sino a nivel del ecosistema, a nivel complejo cenagoso y cuenca.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parte de los resultados proyecto "Evaluación del estado de conservación del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) y su hábitat, como herramienta para la consolidación de estrategias de conservación y manejo sostenible de la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio santandereano". El equipo del proyecto agradece a las comunidades de Campo Duro y el Cerrito muy especialmente al grupo de Guardianes del Manatí; al financiador Ecopetrol S.A. y ejecutores del proyecto Cabildo Verde Sabana de Torres, a las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) y su Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Territorio (Grimat), a los profesionales Edgar Daniel Rodríguez, Luis Fernando Cáceres, Juan Miguel Castillo Thomas y los tecnólogos Wendy Johana Freija, Slendy Pimiento, Luis Carlos Heredia y Javier Ronderos por sus aportes y contribuciones.

Bibliografía

Aguilera, M. M. 2011. La economía de las ciénagas del Caribe colombiano. Banco de la República. Bogotá, Colombia. 197 pp.

Alonso, A. 2006. Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas, Asociación Española de Ecología Terrestre* 15 (2): 1-5.

Álvarez, J. P. 2007. Caracterización limnológica de la ciénaga de Zapatosa. Pp. 422-473. *En:* J. O. Rangel-Ch. (Ed.). Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental ciénaga de Zapatosa. Convenio Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Corpocesar. Informe Final de Actividades. Bogotá D.C.

Álvarez, J. P. 2008. Caracterización limnológica de las ciénagas de Mata de Palma y La Pachita. Pp. 209-238. *En:* J.O. Rangel-Ch. (ed.). Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental de las ciénagas de Mata de Palma y La Pachita. Convenio Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Corpocesar. Informe Final de Actividades. Bogotá D.C.

Arcos, I. 2005. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras: Tesis de Maestría, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 104 pp.

Arévalo-González, G. K. 2010. Tamaño poblacional y percepción sociocultural del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en la ciénaga de Paredes (Santander, Colombia) en época seca. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 35 pp.

Arévalo-González, G. K., D. N. Castelblanco-Martínez, P. Sánchez-Palomino, H. F. López-Arévalo y M. Marmontel. 2014. Complementary methods to estimate population size of Antillean Manatees (Sirenia: Trichechidae) at Ciénaga de Paredes, Santander, Colombia. *Journal of Threatened Taxa* 6 (6): 5830–5837.

Arias, P. 1985. Las ciénagas de Colombia. *Revista Divulgación Pesquera Inderena* 22: 39-70.

Axis-Arroyo, J., B. Morales-Vela, D. Torruco-Gómez y Vega-Cendejas, M. 1998. Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). *Revista de Biología Tropical* 46 (3): 791-803.

Belanger, M. P. y C. Wittnich. 2008. Contaminant levels in sirenians and recommendations for future research and conservation strategies. *The Journal of Marine Animals and Their* Ecology 1 (1): 31-38.

Bonde, R. K., A. A. Aguirre y J. Powell. 2004. Manatees as sentinels of marine ecosystem health: are they the 2000-pound canaries? *EcoHealth* 1(3): 255-262.

Bongers, T., Ferris, H. 1999.Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 224–228.

Bossart, G.D. 1999. The Florida manatee: on the verge of extinction? *Journal of the American Veterinary Medical Association* 214: 10-15.

Bossart, G. D., R. Ewing, M. Lowe, M. Sweat, S. Decker, C. Walsh, S. Ghim y A. B. Jenson. 2002a. Viral papillomatosis in Florida manatees (Trichechus manatus latirostris). *Experimental and Molecular Pathology* 72: 37-48.

Bossart, G.D. 2006. Case study: Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human Health. Oceanography 19(2):134–137.

Bossart G.D. 2011.Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human Health.*VetPathology* 48 (3): 676-690.

Burdet, A. y R. J. Watts. 2009. Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia* 618:161-173.

Castelblanco, N., V. Holguín y J. M. Zapata. 2005. Conservación y manejo del manatí en la ciénaga de Paredes (Santander). Pp. 105-113. *En:* MAVDT y Fundación Omacha. Programa nacional de manejo y

conservación de manatíes en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Teritorial y Fundación Omacha. Bogotá, Colombia. 175 pp.

Castelblanco-Martínez, D. N., B. Aguilar y V. E. Holguín. 2003. Uso de hábitat del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Magdalena Medio (Santander, Colombia). Pp. 254-255. *En:* VI Congresso de Ecología do Brasil, Fortaleza, Brasil.

Castelblanco-Martínez, D. N. y J. P. Giraldo-Vela. 2002. Los manatíes de ciénaga Paredes (Santander, Colombia). Evaluación Preliminar. Informe Interno. Fundación Omacha. Bogotá. 9 pp.

Castelblanco-Martínez D. N., A. L. Bermúdez-Romero, I.V. Gómez-Camelo, F. C. Weber, F. Trujillo, E. Zerda-Ordoñez. 2009. Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the Vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation. *Oryx*. 43(2): 235-242.

Castelblanco-Martínez, N. D. 2003. El manatí *Trichechus manatus* en ciénaga de Paredes (Santander-Colombia): Elementos para su conservación. Informe Interno. Fundación Omacha. Bogotá. 30 pp.

Daniel-Rentería, I. C., A. Serrano y G. Sánchez. 2010. El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz. *Cuadernos de Biodiversidad* 33:16-23.

Domnig, D, P. 1992. Why save the manatee? Pp. 158-173. *En:* J. E. Reynolds y D K. Odell. Manatees and dugongs. Facts on File. New York.

Garcia, L. y E. Dister. 1990. La planicie de inundación del Medio-Bajo Magdalena: restauración y conservación de hábitats. *Interciencia* 15: 396-410.

Holguin-Medina, V. y F. Trujillo. 2002. Manatees in Ciénaga de Paredes (Colombia). Fundación Omacha, Sirenian Internacional. Informe final. Bogotá, Colombia. 17 pp.

Idema. 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Capítulo 6, Calidad del agua superficial en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 420 pp.

Jiménez-Domínguez D. y L. D. Olivera-Gómez. 2014. Características del hábitat del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en sistemas fluvio-lagunares del sur del Golfo de México. *Therya* 5 (6): 601-614.

Martínez, M. 2009. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en tres ciénagas del departamento de Cesar, Colombia. Trabajo de grado Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 125 pp.

MMA. 2002. Política Nacional para Humedales Interiores en Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 67 pp.

MADS. 2014. Resolución 192 del 10 de febrero de 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 36 pp.

Montenegro, M. I. 1995. Evaluación ambiental de la ciénaga de Paredes- Sabana de Torres, Santander, como hábitat para fauna silvestre; con especial énfasis en el Manatí (*Trichechus manatus*) Informe Técnico. Inderena y Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología. Banco de la República. 81 pp.

Montoya-Moreno Y. y N. Aguirre-Ramírez. 2008. Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical Colombiana. *Hidrobiológica* 18 (3): 189-198.

Moore, S. E. 2008. Marine mammals as ecosystem sentinels. *Journal of Mammalogy* 89 (3): 534-540.

Olivera-Gómez, L. D. y E. Mellink. 2005. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus m. manatus*) as a function of habitat characteristics in Bahia de Chetumal, Mexico. *Biological Conservation* 121:127-133.

Pinilla, G. 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Gabriel Pinilla. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 67 pp.

Ramírez, A. y Viña G. 1998. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 293 pp.

Reddy, M. L., L. A. Dierauf y F. M. D. Gulland. 2001. Marine mammals as sentinels of ocean health. Pp. 3-13. *En:* Marine Mammal Medicine, Second Edition, L. A. Dierauf y F.M.D. Gulland (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL.

Reynolds, J. E. y Odell D. K.1991. Manatees and Dugongs, New York: Facts on Life Inc. 192 pp.

Rivera, J. 2012. Estudio de la batimetría de la ciénaga de Paredes. *En:* Informe final proyecto. Evaluación del estado de conservación del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) y su hábitat, como herramienta para la consolidación de estrategias de conservación y manejo sostenible de la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio santandereano. Informe Técnico. Ecopetrol SA-Cabildo Verde Sabana de Torres Unidades Tecnológicas de Santander. Bucaramanga.

Roldán, G. y J. J. Ramírez 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2da. Ed. Medellín (Colombia). Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias ACCEFYN. 440 pp.

Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de

Antioquia, Fondo FEN Colombia, Conciencias-Universidad de Antioquia, Santafé de Bogotá, Ed. Presencia Ltda. 217 pp.

Roldán, G. 1997. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bioindicadores ambientales de la calidad del agua. Cali, Universidad del Valle.

Roldán, G.2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín. 182 pp.

Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23 (88): 375 – 386.

Self-Sullivan, C. y A. Mignucci-Giannoni. 2008. *Trichechusmanatus ssp* manatus.The IUCN Red List of Threatened Species.Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Consultado en: febrero 12 2015.

Trujillo, F., A. Gärtner, D. Caicedo y M. C. Diazgranados (Eds.). 2013. Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá. 312 pp.

Wells, R. S., H. L. Rhinehart, L. J. Hansen, J.C. Sweeney, F. I. Townsend, R. Stone, D. Casper, M. D. Scott, A. A. Hohn y T. K. Rowles. 2004. Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: Developing a health monitoring system. *Ecohealth* 1: 246-254.

Wetzel, D. L., E. Pulster y E. Reynolds III. 2012. Organic Cntaminants and Sirenians. Pp.196-203. *En:* Hines, E. M., J. E. Reynolds III, L.V. Aragones, A. Mignucci-Giannoni y M. Marmontel. University Press of Florida. Florida, Estados Unidos. 326 pp.

Beatriz H. Mojica-Figueroa
Grupo de Investigaciones en Medio Ambiente y Territorio
Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia
betttymo@hotmail.com

Katherine Arévalo-González
Fundación Macuáticos Colombia
Katarevalo@gmail.com

Fabio A. González
Dirección de Investigaciones
Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia
cinv@correo.uts.edu.co

James Murillo
Cabildo Verde de Sabana de Torres, Colombia
cadildoverde@gmail.com

Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia

Cítese como: Mojica-Figueroa, B. H., K. Arévalo-González, F. A. González y J. Murillo. 2014. Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 174-187.

Recibido: 1 de abril de 2014
Aprobado: 24 de marzo de 2015